



DRW

PATENT  
ATTORNEY DOCKET NO. 046124-5270

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: )  
Emi MIYATA et al. )  
Application No.: 10/771,462 ) Group Art Unit: 2882  
Filed: February 5, 2004 ) Examiner: Faye S. POLYZOS

For: X-RAY IMAGING DEVICE

Commissioner for Patents  
Arlington, VA 22202

Sir:

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Application No. 2003-029945, filed February 6, 2003 for the above-identified United States Patent Application.

In support of Applicants' claim for priority, filed herewith is one certified copy of the above.

Respectfully submitted,

**DRINKER, BIDDLE & REATH LLP**

By:

  
Peter J. Sistare, Reg. No. 48,183

Dated: September 29, 2005

DRINKER, BIDDLE & REATH LLP  
1500 K Street, N.W. Suite 1100  
Washington, DC 20005-1209  
Tel: (202) 842-8800  
Fax: (202) 204-0289

# Best Available Copy

## 日本国特許庁 JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日      2003年  2月  6日  
Date of Application:

出願番号      特願 2003-029945  
Application Number:

[ST. 10/C] :      [JP 2003-029945]

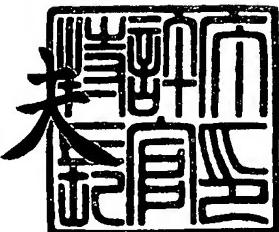
願人      浜松ホトニクス株式会社  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2004年  3月  1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2002-0677  
【提出日】 平成15年 2月 6日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01T 1/20  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府豊中市待兼山町1-1 大阪大学理学部内  
【氏名】 宮田 恵美  
【発明者】  
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス  
株式会社内  
【氏名】 宮口 和久  
【特許出願人】  
【識別番号】 000236436  
【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100088155  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100089978  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 塩田 辰也  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100092657  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 寺崎 史朗

**【手数料の表示】**

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

**【提出物件の目録】**

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 X線撮像素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板の被検出X線の入射面の反対面側に形成され、所定エネルギー帯域のX線及び所定波長帯の可視光線に対して感度を有し、前記X線及び前記可視光線の像を撮像する撮像部と、

前記半導体基板の反対面側に前記撮像部を覆うように配設され、前記所定エネルギー帯域のX線よりも高いエネルギー帯域のX線を吸収することによって前記所定波長帯の可視光線を放射するシンチレータと、

を備えたことを特徴とするX線撮像素子。

【請求項 2】 前記撮像部は、

前記所定エネルギー帯域のX線及び前記所定波長帯の可視光線に対して感度を有し2次元状に配列された複数の光電変換素子を含むことを特徴とする請求項1に記載のX線撮像素子。

【請求項 3】 前記シンチレータは $B_{14}Ge_3O_{12}$ を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載のX線撮像素子。

【請求項 4】 前記シンチレータはCsIを含むことを特徴とする請求項1又は2に記載のX線撮像素子。

【請求項 5】 前記シンチレータはGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Sを含むことを特徴とする請求項1又は2に記載のX線撮像素子。

【請求項 6】 前記シンチレータの被検出X線入射方向後方に設けられ、前記所定波長帯の可視光線を反射する反射膜を有することを特徴とする請求項1～5何れか1項に記載のX線撮像素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はX線撮像素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

電荷結合素子（以下「CCD」という）を用いたX線撮像素子は優れたエネルギー分解能と位置分解能を併せ持つ撮像素子である。特に裏面入射型としたCCDを用いたものは電荷転送用の電極に被検出X線が遮られることがないため小さいエネルギーのX線検出効率に優れ、所定エネルギー帯域のX線（例えば0.1～20keVのX線（以下「軟X線」という））を検出することができる。CCDは材質としてシリコンを用いているため所定エネルギー帯域のX線よりも高いエネルギー帯域のX線（例えば20～100keVのX線（以下「硬X線」という））に対する吸収は極端に下がり、検出することなく透過してしまう。所定エネルギー帯域のX線よりも高いエネルギー帯域のX線を撮像するにはX線を可視光線に変換してから検出すべく、別途シンチレータを配設したX線検出素子を用いるしかなく、同一の撮像素子で広いエネルギー範囲のX線を撮像することはできなかった。一方、同一の装置で異なるエネルギー帯域のX線を検出する装置としては、複数のPINホトダイオードを絶縁体を介して積層することによってそれぞれのホトダイオードがエネルギー帯域の異なるX線を検出する放射線検出装置が知られている（例えば特許文献1参照）。

#### 【0003】

##### 【特許文献1】

特開平9-275223号公報

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、当該放射線検出装置は構造が複雑なものとなってしまう。

#### 【0005】

そこで、本発明は上記課題を解決し、同一の素子によって広いエネルギー範囲のX線を簡単な構造で検出することが可能なX線撮像素子を提供することを目的とする。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明のX線撮像素子は、半導体基板の被検出X線の入射面の反対面側に形成され、所定エネルギー帯域のX線及び所定波長帯の可

視光線に対して感度を有し、X線及び可視光線の像を撮像する撮像部と、半導体基板の反対面側に撮像部を覆うように配設され、所定エネルギー帯域のX線よりも高いエネルギー帯域のX線を吸収することによって所定波長帯の可視光線を放射するシンチレータと、を備えたことを特徴とする。

#### 【0007】

本発明のX線撮像素子によれば、撮像部によって所定エネルギー帯域のX線の像を撮像することができる。また、本発明のX線撮像素子はシンチレータを備えているため所定エネルギー帯域のX線よりも高いエネルギー帯域のX線が入射された場合にはシンチレータにより所定波長帯の可視光線に変換することができ、撮像部は変換された所定波長帯の可視光線の像を撮像することができる。結果的に本発明のX線撮像素子によれば上記所定エネルギー帯域から更に高いエネルギー帯域のX線までの範囲の広いエネルギー帯域のX線の像を撮像することができる。

#### 【0008】

また、本発明のX線撮像素子は、撮像部が、所定エネルギー帯域のX線及び所定波長帯の可視光線に対して感度を有し2次元状に配列された複数の光電変換素子を有することを特徴としてもよい。

#### 【0009】

また、本発明のX線撮像素子は、シンチレータが $Bi_4Ge_3O_{12}$ を含むことを特徴としてもよい。 $Bi_4Ge_3O_{12}$ は柱状結晶を成すため、 $Bi_4Ge_3O_{12}$ を含むシンチレータを用いることすればX線入射位置の決定精度を向上することができる。また、 $Bi_4Ge_3O_{12}$ を含むシンチレータは高い発光光量が得られるため、X線撮像素子として高いエネルギー分解能を得ることができる。 $Bi_4Ge_3O_{12}$ は-100°C程度の冷却時にも高い発光光量を示すので、上記X線撮像素子は冷却して用いる場合であっても高いシンチレータの発光光量が得られ、高いエネルギー分解能を得ることができる。

#### 【0010】

また、本発明のX線撮像素子は、シンチレータがCsIを含むことを特徴としてもよい。CsIは柱状結晶を成すため、CsIを含むシンチレータを用いるこ

とすればX線入射位置の決定精度を向上することができる。また、CsIを含むシンチレータは高い発光光量が得られるため、上記X線撮像素子は高いエネルギー分解能を得ることができる。

#### 【0011】

また、本発明のX線撮像素子は、シンチレータがGd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S（ガドリニウムオキシサルファイド）を含むことを特徴としてもよい。Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Sは柱状結晶を成すため、Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Sを含むシンチレータを用いることすればX線入射位置の決定精度を向上することができる。また、Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Sを含むシンチレータは高い発光光量が得られるため、上記X線撮像素子は高いエネルギー分解能を得ることができる。

#### 【0012】

また、本発明のX線撮像素子は、シンチレータの被検出X線入射方向後方に設けられ、所定波長帯の可視光線を反射する反射膜を有することを特徴としてもよい。反射膜を有することでシンチレータで発生した光のうち被検出X線入射側と反対側に向かう光を反射することができるため発光量の損失を低減し、検出感度を向上させることができる。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、同一要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

#### 【0014】

図1は本実施形態に係るX線撮像素子1の断面図である。以下の説明において被検出X線の入射面（図1において下側の面）側を裏面側、その反対側の面（図1において上側の面）側を表面側という。図1に示すとおりX線撮像素子1は、CCD部10及びシンチレーション部30を有している。

#### 【0015】

CCD部10は高濃度のp<sup>+</sup>型半導体層19の表面側にp型エピタキシャル層21を堆積した半導体基板23を有している。半導体基板23の表面側には絶縁層25が設けられ、更に表面側にはポリシリコン電極27が設けられている。p

$p^+$ 型半導体層19はボロンをドーピングしたシリコン基板からなり、厚さ300 $\mu m$ 程度である。 $p$ 型エピタキシャル層21は $p$ 型半導体層上に数k $\Omega cm$ 程度の高抵抗に形成した、厚さ50～100 $\mu m$ 程度の領域である。絶縁層25はシリコン酸化膜、シリコン窒化膜またはこれらの複合領域からなり、厚さ0.1 $\mu m$ 程度である。

#### 【0016】

半導体基板23のうち撮像部2に対応する領域は裏面側から薄化され、凹部29が形成されている。凹部29の深さは $p$ 型エピタキシャル層21とほぼ同じ深度となっており、凹部29と $p$ 型エピタキシャル層21に挟まれた $p^+$ 型半導体層19の薄層部分はアキュムレーション層として働く。

#### 【0017】

ここで図2を参照しながらCCD部10について詳細に説明する。図2は、第1実施形態に係るX線撮像素子1の概略平面図である。CCD部10には、FFT型CCDが形成されており、図に示すとおりCCD部10には撮像部2となる垂直シフトレジスタ部分3と水平シフトレジスタ部分5とが設けられている。撮像部2は受光エリア7、オプティカルブラックエリア9、及びアイソレーションエリア11を含んでいる。受光エリア7は、複数の光電変換素子（画素）が2次元的に配置されることにより形成されている。光電変換素子は軟X線及び550nm付近の波長帯の可視光線に感度を有すようになっているため、撮像部2は軟X線像及び上記波長帯の可視光線像の撮像が可能である。

#### 【0018】

オプティカルブラックエリア9は、受光エリア7の外側に位置しており、光が入射しない構成とされた光電変換素子が受光エリア7を取り囲むようにして配置されている。また、アイソレーションエリア11は、受光エリア7とオプティカルブラックエリア9とを電気的に分離するために、受光エリア7とオプティカルブラックエリア9との間に配置されている。これらのアイソレーションエリア11およびオプティカルブラックエリアは通常の表面入射型CCDでは暗電流のレンズなどとして用いられるが本発明においては必ずしも必要は無い。

#### 【0019】

入力部 13 は、垂直シフトレジスタ部分 3 及び水平シフトレジスタ部分 5 に電気信号を注入するためのものである。電荷蓄積期間に受光・撮像によってポテンシャル井戸に蓄積された電荷は、垂直シフトレジスタ部分 3 と、水平シフトレジスタ部分 5 とによって、電荷転送期間に順次転送され、時系列信号となる。転送された電荷は、出力部 15 にて電圧に変換され、画像信号として出力される。

### 【0020】

垂直シフトレジスタ部分 3 、水平シフトレジスタ部分 5 、入力部 13 、及び出力部 15 は、図示していないチップ上の配線によって X 線撮像素子 1 の端部に配置された電極パッド 17 のうち対応する電極パッドと電気的に接続されている。電極パット 17 は、CCD に直流電圧やクロックを供給したり撮像部 2 の信号出力を取り出すためのもので、ボンディングワイヤ（図示せず）が取り付けられることによって外部と電気的に接続される。

### 【0021】

再び図 1 を参照しながらシンチレーション部 30 について説明する。シンチレーション部 30 は撮像部 2 の表面側に撮像部 2 を覆うように形成されており、シンチレータ 31 及び保護膜 33 を含んでいる。シンチレータ 31 は入射した硬 X 線を撮像部 2 の光電変換素子が感度を有する 550 nm の波長帯の可視光線に変換するようになっている。シンチレータ 31 は、撮像部 2 （垂直シフトレジスタ部分 3 ）の表面側に成長、形成されており、CsI からなる。シンチレータ 31 の厚さは 100 ~ 500 μm 程度となっている。

### 【0022】

シンチレータ 31 の表面側には、保護膜 33 がコーティングされている。保護膜 33 はポリパラキシレンからなる有機膜 33a 及びアルミ等からなる反射薄膜 33b が積層されて構成されている。有機膜はシンチレータ 31 が空気に触れるのを防止し潮解性による発光効率の劣化を防ぐようになっている。反射薄膜 33b は、シンチレータ 31 で発生した光を反射するようになっており、発生した光のうち X 線入射側と反対側に向かう光を反射することで発光量の損失を低減し、検出器の検出感度を増大させることができる。また、反射薄膜 33b は、外部からの直接光を遮断することもできる。有機膜 33a の厚さは数 ~ 10 数 μm 程度

となっている。反射薄膜33bの厚さは1μm程度となっている。

#### 【0023】

続いて、X線像撮像素子1の動作を説明する。まず、被検出X線がX線像撮像素子1の裏面側から入射する。入射した被検出X線が軟X線である場合、撮像部2の光電変換素子はかかるエネルギー帯域のX線に対する感度を有しX線はCCD部の空乏化したエピタキシャル層21中で光電変換によって電子を発生させる。発生した電子は絶縁層25下に形成された電荷転送チャネル（図示せず）のポテンシャル井戸に一定時間蓄積される。すなわち、軟X線はCCD部10によつて検出されることとなる（図3（a）参照）。各々の光電変換素子に蓄積されている電子数は、入射するX線のエネルギーに比例した数になり、X線画像に対応する画像信号が得られる。

#### 【0024】

一方、X線像撮像素子1の裏面側から入射した被検出X線が硬X線である場合、撮像部2の光電変換素子はかかるエネルギー帯域のX線に対して感度を有せず、X線はCCD部10（半導体基板23、絶縁層25、ポリシリコン電極27）を透過し、シンチレータ31に達する。X線は、シンチレータ31で吸収され、撮像部2の光電変換素子が感度を有する可視光線がX線の光量に比例して放射される。放射された可視光線のうち、裏面側へ向かう光は撮像部2の光電変換素子へ入射する。表面側へ向かう光は、保護膜33の反射薄膜33bで反射され撮像部2の光電変換素子へ入射する（図3（b）参照）。結果として、シンチレータ31で発生した光はほとんど全てが撮像部2へと入射することとなる。

#### 【0025】

光電変換素子は上記放射された可視光に対して感度を有するので、光電変換により、この可視光の光量に対応する電気信号が生成されて一定時間蓄積される。この可視光の光量は入射するX線の光量に対応しているため、各々の光電変換素子に蓄積されている電気信号は、入射するX線の光量に対応することになり、X線画像に対応する画像信号が得られる。

#### 【0026】

光電変換素子に蓄積されたこの画像信号を信号ライン（図示せず）を介して電

極パッド17から順次出力することにより、外部へと転送する。この画像信号を外部の処理装置（図示せず）で処理することにより、X線像を表示することができる。

#### 【0027】

上述のように本実施形態のX線撮像素子1によれば、軟X線の像は直接CCD部10の撮像部2で検出し撮像することが可能である。また、CCD部10の撮像部2で直接撮像することが不可能な硬X線の像はシンチレータ31を発光させることによって間接的に検出し撮像することが可能である。よって軟X線及び硬X線の双方、すなわち0.1～100keVの極めて広いエネルギー帯域のX線の像を撮像することが可能となる。

#### 【0028】

また、本実施形態のX線撮像素子1は、シンチレータとしてCsIを用いている。CsIは柱状結晶を成すため、シンチレータとして用いることによってX線入射位置の高い決定精度が得られる。また、CsIを含むシンチレータは高い発光光量が得られるため、当該シンチレータを用いたX線撮像素子は高いエネルギー分解能を得ることができる。

#### 【0029】

また、本実施形態のX線撮像素子1のシンチレータには反射薄膜33bを含む保護膜33がコーティングされている。反射薄膜33bが発生した光のうちX線入射側と反対側に向かう光を反射することで発光量の損失を低減するため、高い検出感度を得ることができる。

#### 【0030】

また、本実施形態のX線撮像素子1はp+型半導体層19が薄化された裏面側からX線を入射させることとしている。エネルギーの高い硬X線については裏面側から入射し電荷転送用の電極を通過してシンチレータを発光させ、放射した可視光線を検出することができる。一方、エネルギーの低い軟X線については、p+型半導体層19が薄化されているのでp+型半導体層19で吸収されることもほとんどなく、電荷転送用の電極のない裏面側から入射させてるので電極に遮られることもなく効率よく検出することができる。結果として軟X線、硬X線の

広いエネルギー帯域のX線について効率よく撮像することが可能となる。

#### 【0031】

また、本実施形態のX線撮像素子1では半導体基板をp型としているが、これに限られず、半導体基板をn型としてもよい。この場合、同じシリコンウェハの比抵抗でn型半導体の方が不純物濃度を低くできるため、同程度の電圧でn型半導体基板を用いた場合では空乏層を厚くでき、部分的に薄型化する必要が無くなるので、裏面側の凹部を形成する工程が不要となる。

#### 【0032】

また、本実施形態のX線撮像素子1は、シンチレータ31としてCsIからなるシンチレータを用いているが、これに限られることなく $Bi_4Ge_3O_{12}$ （以下「BGO」という。）を含む（BGOからなるものに限られず、他の物質を含んだものであってもよいが、BGOの重量含有率は95～100%であることが好ましい）シンチレータを用いてもよい。BGOはCsIと同様に柱状結晶を成すため、シンチレータとして用いることによってX線入射位置の高い決定精度が得られる。また、このシンチレータは高い発光光量が得られるため、X線撮像素子1は高いエネルギー分解能を得ることができる。また、一般にX線撮像素子は熱雑音を抑制するために冷却して用いる場合が多いが、特にBGOは-100°C程度の冷却時にも高い発光光量を示すので、X線撮像素子1は冷却して用いる場合であってもシンチレータの高い発光光量が得られ、高いエネルギー分解能を得ることができる。

#### 【0033】

また、シンチレータ31として $Gd_2O_2S$ を含むシンチレータを用いてもよい。 $Gd_2O_2S$ もまたCsIと同様に柱状結晶を成すため、シンチレータとして用いることによってX線入射位置の高い決定精度が得られる。また、 $Gd_2O_2S$ を含むシンチレータは高い発光光量が得られるため、当該シンチレータを用いたX線撮像素子は高いエネルギー分解能を得ることができる。

#### 【0034】

##### 【発明の効果】

上述のように本発明によれば、同一の素子によって広いエネルギー範囲のX線

を簡単な構造で検出することが可能なX線撮像素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施形態に係るX線撮像素子の断面図である。

【図 2】

実施形態に係るX線撮像素子のCCD部の概略平面図である。

【図 3】

(a) は実施形態に係るX線撮像素子の軟X線の検出を説明する図である。

(b) は実施形態に係るX線撮像素子の硬X線の検出を説明する図である。

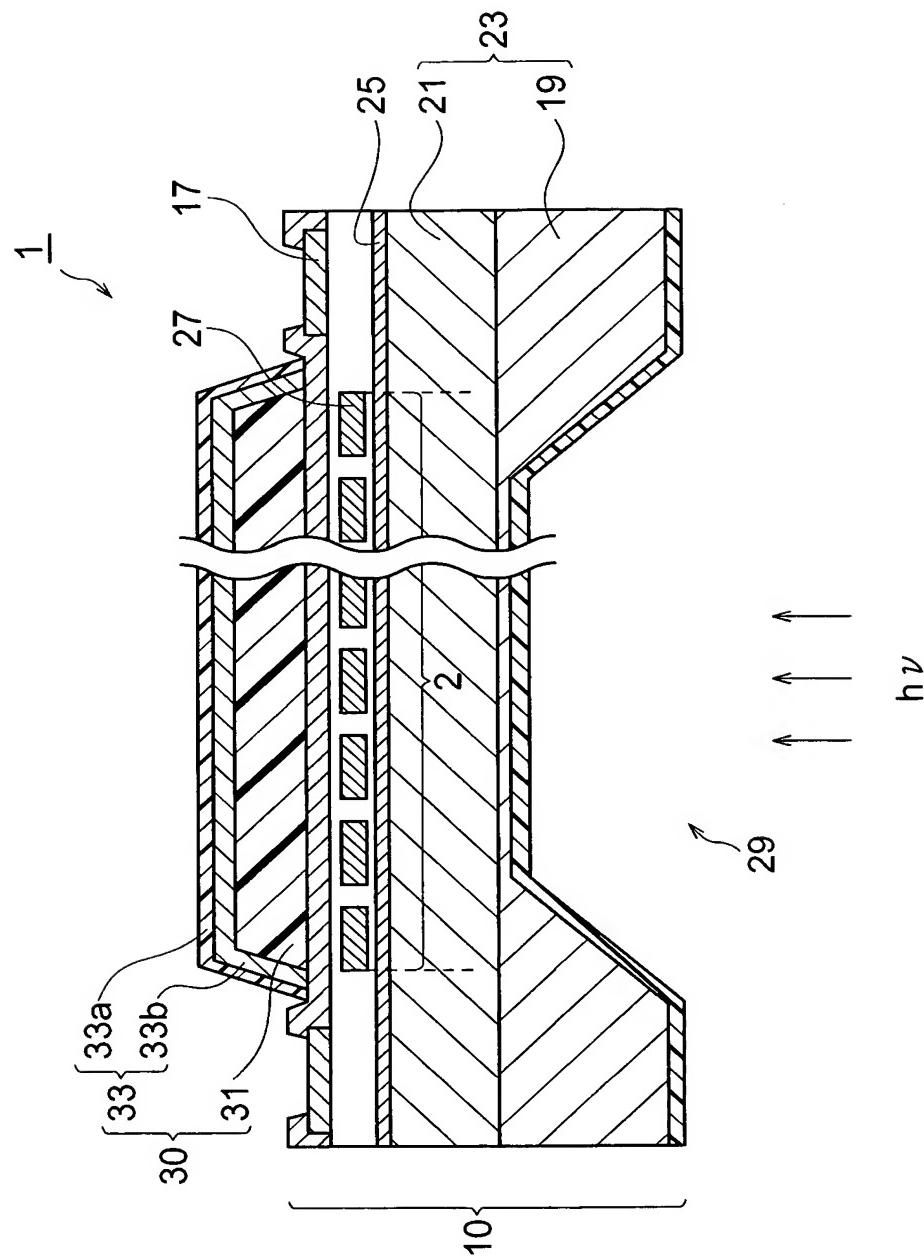
【符号の説明】

1 … X線撮像素子、 2 … 撮像部、 10 … CCD部、 30 … シンチレーション部  
、 31 … シンチレータ、 33 … 保護膜、 33a … 有機膜、 33b … 反射薄膜、 1  
9 … p<sup>+</sup>型半導体層、 21 … p型エピタキシャル層。

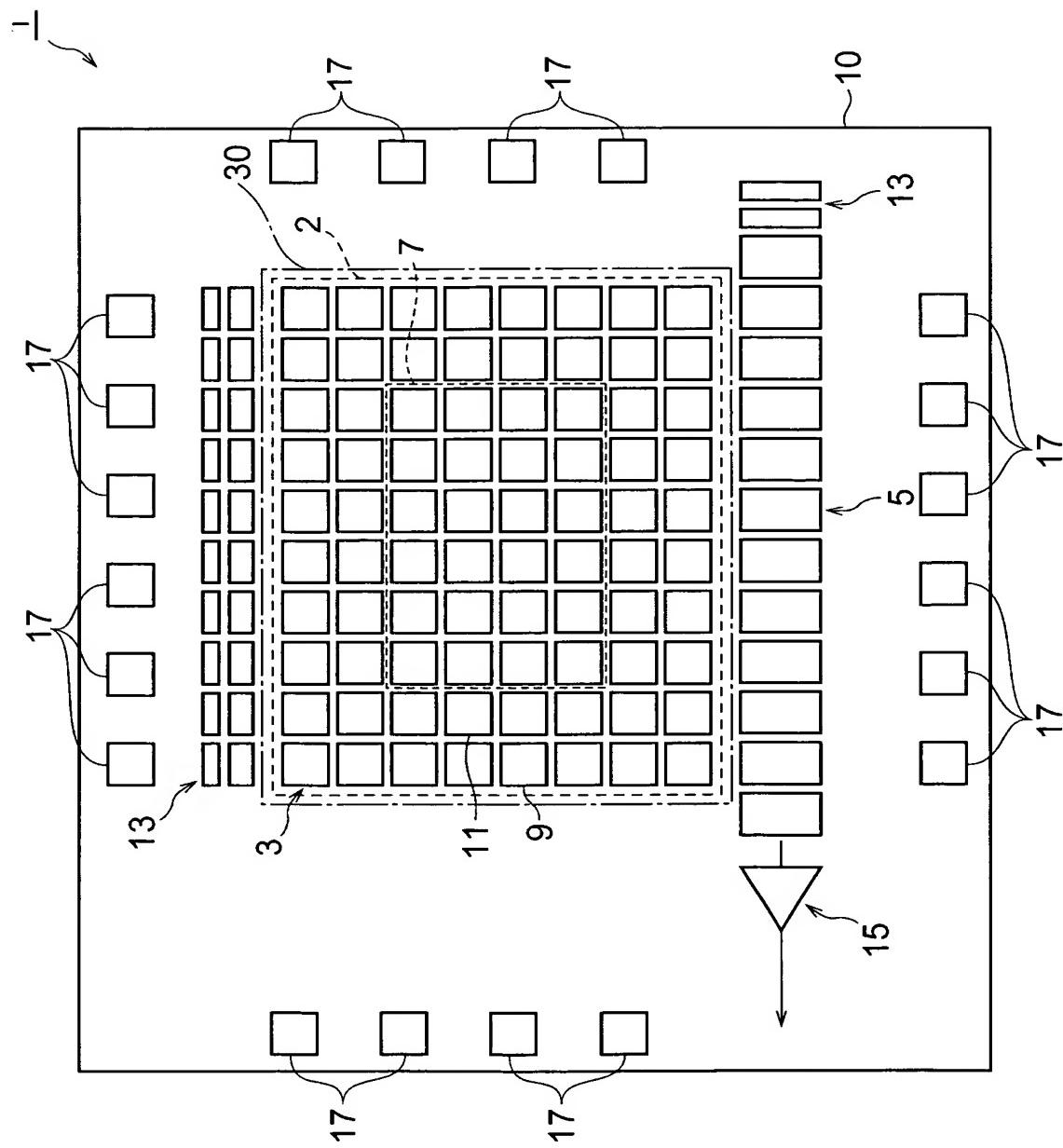
【書類名】

図面

【図1】

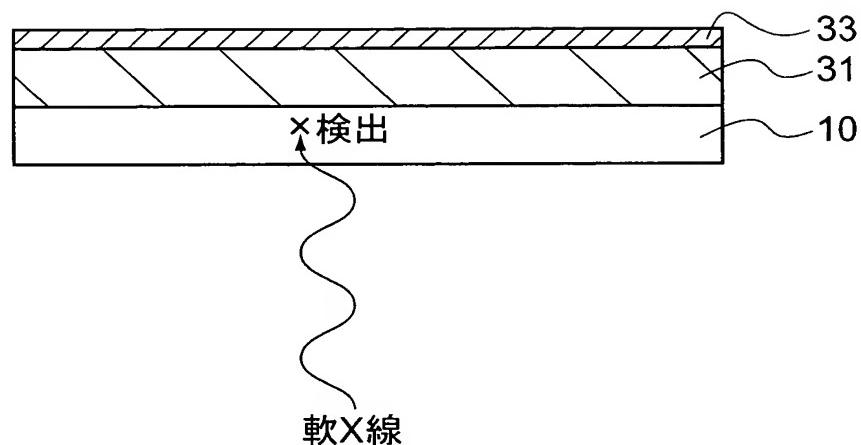


【図2】

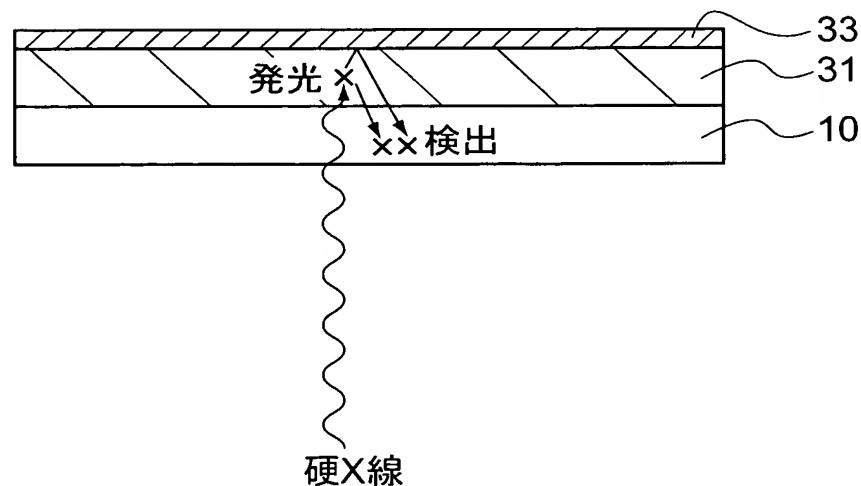


【図3】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広いエネルギー範囲のX線を簡単な構造で検出することができるX線撮像素子を提供する。

【解決手段】 X線撮像素子1は、半導体基板23の被検出X線の入射面の反対面側に形成され、所定エネルギー帯域のX線及び所定波長帯の可視光線に対して感度を有し、X線及び可視光線の像を撮像する撮像部2と、半導体基板の反対面側に撮像部2を覆うように配設され、所定エネルギー帯域のX線よりも高いエネルギー帯域のX線を吸収することによって所定波長帯の可視光線を放射するシンチレータ31と、を備えたことを特徴とする。

【選択図】 図1

特願 2003-029945

出願人履歴情報

識別番号 [000236436]

1. 変更年月日 1990年 8月10日

[変更理由] 新規登録

住 所 静岡県浜松市市野町1126番地の1  
氏 名 浜松ホトニクス株式会社